

N^o D'ORDRE :

9

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE BORDEAUX

EN VUE DE L'OBTENTION DU TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

(Mention Sciences)

PAR

B. F. SCHWARZ

DIPLOME D'INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'INFLUENCE DU COURANT ÉLECTRIQUE
SUR LE BOIS.

2^e THÈSE. — THÉORIE OSMOTIQUE DES PILES PRIMAIRES ET DES ACCUMULATEURS.

Soutenues le 20 Juin 1928 devant la Commission d'examen

MM. A. RICHARD, *Président*

G. DUPONT
A. FOCH } *Examineurs*

BORDEAUX
Imprimerie RENÉ SAMIE
21, rue Teulère, 21

1928

N° D'ORDRE :

9

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

EN VUE DE L'OBTENTION DU TITRE DE

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

(Mention Sciences)

PAR

B. F. SCHWARZ

DIPLOME D'INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'INFLUENCE DU COURANT ÉLECTRIQUE
SUR LE BOIS.

2^e THÈSE. — THÉORIE OSMOTIQUE DES PILES PRIMAIRES ET DES ACCUMULATEURS.

Soutenues le 20 Juin 1928 devant la Commission d'examen

MM. A. RICHARD, *Président*

G. DUPONT } *Examineurs*
A. FOCH }

BORDEAUX
Imprimerie RENÉ SAMIE
21, rue Teulère, 21

1928

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DES SCIENCES

MM.

Doyen { **COUSIN** Calcul infinitésimal et analyse supérieure.

Doyens { **GAYON.**
honoraires... { **PADE** Recteur de l'Académie de
Dijon.

{ **PICART** Astronomie approfondie.
FALLOT.

Professeurs { **BÉNARD.**
honoraires... { **VÈZES.**

SAUVAGEAU.. Botanique.

VIGOUROUX.. Chimie industrielle.

DEVAUX Physiologie végétale.

GUINCHANT . Physique générale.

RICHARD Chimie organique.

CHaine Anatomie comparée et Embryogénie.

Professeurs { **FOCH** Physique expérimentale.

DUPONT Chimie minérale.

BOUNHIOL ... Zoologie et Physiologie comparées.

TROUSSET ... Mécanique rationnelle.

MERCIER Physique P. C. N.

DAGUIN Géologie et Minéralogie.

Professeurs { **AUBEL** Chimie physiologique appliquée.
sans chaire. {

BOURGUEL ... Chimie générale.

Maîtres de { **FEYTAUD** Zoologie.
conférences. {

Secrétaire..... { **BEAUDUN.**



A MES BIEN CHERS PARENTS

HOMMAGE AFFECTUEUX

A MONSIEUR LE PROFESSEUR G. DUPONT

**HOMMAGE A LA
FRANCE**

**A CE BEAU PAYS,
DONT JE GARDERAI LE SUPERBE SOUVENIR
TOUTE UNE VIE.**

AVANT-PROPOS

L'électricité, magnifique phénomène de la nature, outil si précieux de la Science, occupe tous les jours des domaines de plus en plus vastes. Depuis l'invention de la pile électrique, elle est devenue l'instrument aussi indispensable pour la physique que pour la chimie, etc. Bref, il n'est pas de sciences où on ne la rencontre et où on ne l'utilise.

Ses qualités exceptionnelles l'adaptaient à toutes sortes d'applications, car il existe peu de formes d'énergie aussi souples et aussi maniables qu'elle.

Pour cette raison on tend à l'introduire partout.

C'est avec un intérêt toujours croissant que depuis quelque trente ans l'électricité semble prendre une place digne d'attention dans les divers traitements du bois : séchage, conservation, ininflammabilité, etc., etc.

Nous avons voulu par le présent travail apporter une modeste contribution à la connaissance des phénomènes qui se produisent pendant le passage du courant électrique à travers du bois.

*
**

Les travaux décrits par la suite ont été effectués aux laboratoires de l'Institut du Pin, annexe de la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux.

Pour l'aimable accueil que l'on m'a ménagé dans ce laboratoire, qu'il soit permis tout d'abord de présenter mes hommages à mon cher et estimé Maître, M. G. Dupont, professeur à la Faculté des Sciences, directeur technique de l'Institut du Pin, qui a bien voulu me donner de précieuses indications, soit pendant l'exécution de mes travaux, soit surtout au début, au « moment du départ », qui est d'ailleurs toujours le plus dur.

Je n'aurai garde aussi d'oublier d'exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements à M. M. Soum, ingénieur chimiste, préparateur à l'Institut du Pin, qui m'a toujours entouré de ses bons conseils.

Je remercie enfin tous mes autres collègues pour leur obligeance durant mes travaux.

Laboratoire de Recherches de l'Institut du Pin

Bordeaux, mai 1928.

B. F. SCHWARZ.

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE
L'Influence du Courant Electrique sur le Bois

PREMIERE PARTIE

Introduction

Toutes les matières organiques se transforment plus ou moins vite avec le temps, et le bois, qui est une matière première si courante et si utile, ne fait pas exception à cette règle. D'autres causes que la décomposition chimique proprement dite du bois interviennent : ce sont les microorganismes (insectes, parasites) et l'influence du milieu (nature du sol, etc.).

Pour empêcher une détérioration si rapide, on a cherché à conserver le bois en le traitant par des produits appropriés; ce résultat peut être obtenu :

1° Par l'utilisation d'enduits agissant seulement superficiellement;

2° Par l'injection d'une substance antiseptique à l'intérieur du bois.

La première méthode est appliquée depuis l'antiquité : on emploie à cet effet de nombreux produits dont les plus importants sont les huiles et goudrons d'origine minérale et végétale, les vernis et laques.

On peut aussi effectuer une carbonisation partielle du bois, opération dite de « flambage ».

Dans la seconde méthode, on incorpore au bois des matières antiseptiques par action simultanée du vide et de la pression (10-15 kilos). Les substances utilisées doivent posséder (1) les propriétés suivantes :

- a) elles doivent être stables;
- b) elles doivent avoir une action destructive vis-à-vis des germes;
- c) elles doivent obturer le plus possible les pores du bois, être autant que possible insolubles dans l'eau et peu volatiles;
- d) elles doivent avoir un prix de revient le moins élevé possible.

Les principales substances utilisées à cet effet sont : le sublimé, le sulfate et l'acétate de cuivre et de fer, le chlorure de zinc, l'alun d'aluminium, le sulfure de baryum parmi les substances minérales, et la créosote parmi les substances organiques.

Pour réaliser industriellement ces imprégnations, on doit avoir recours à des installations compliquées et, par suite, coûteuses; aussi a-t-on cherché depuis quelque temps à utiliser des méthodes électriques. Ces méthodes sont basées sur les récentes recherches effectuées sur l'électroosmose, l'électrophorèse (ou transport électrique) et l'électrofiltration, méthodes en liaison très étroite avec les théories des matières colloïdales.

Avant d'indiquer les résultats obtenus par nous, nous allons brièvement indiquer les recherches effectuées jusqu'à ce jour.

(1) D'après MATHEY. Se reporter pour les numéros indiqués dans le texte à la Bibliographie, page 71.

HISTORIQUE

Les premiers essais de REUSS (2) remontent à 1808. Ce chercheur fit les expériences suivantes : il enfonça deux tubes de verre remplis à moitié d'eau dans un bloc d'argile, en faisant passer par eux un courant électrique.

L'expérience terminée, REUSS constata que le niveau de l'eau avait baissé dans l'un des tubes, tandis qu'il avait monté dans l'autre. D'autre part, le tube dans lequel le niveau baissait contenait un liquide d'apparence laiteuse, provenant du déplacement des particules d'argile.

Ce sont ces premières recherches qui sont à la base des théories de l'électroosmose et de l'électrophorèse.

Les observations faites par REUSS ont été à la base de nombreuses autres recherches, effectuées par différents chercheurs, qui ont établi des théories qui permettent une connaissance plus complète de ces phénomènes.

Les premières lois ont été établies après les essais de WIEDEMANN (3) en 1852, s'appliquant à l'électroosmose. On en tire la conclusion, que sous l'influence du courant électrique, les électrolytes tendent à filtrer à travers des cloisons poreuses ou semi-perméables. Leur vitesse, à intensité égale, est indépendante de l'épaisseur de la cloison et ne

varie qu'avec la nature et la section de celle-ci; les quantités de liquide transportées à travers la paroi sont proportionnelles à l'intensité du courant. La théorie elle-même fut exposée par QUINCKE (4) et par HELMHOLZ (5), et plus récemment reprise et complétée par J. PERRIN (6). Elle est basée sur l'hypothèse de la formation d'une double couche d'électricité à la surface de contact des corps solides et liquides.

L'électrophorèse, ou transport électrique, a été découvert en 1893 par LINDER et PICTON (7). Une règle, permettant de prévoir le signe de la charge d'une particule, était donnée par COEHN (8) un peu plus tard. Une explication toute récente est due à DUCLAUX (9), d'après laquelle l'électrophorèse serait une conséquence de l'ionisation des particules colloïdales.

Ces phénomènes ont été étudiés surtout dans les milieux colloïdaux auxquels ils sont liés assez étroitement.

EMULSOIDES ET SUSPENSOIDES; PROPRIÉTÉS COLLOIDALES

Les substances colloïdales sont au sens ordinaire insolubles dans les liquides, d'après une définition donnée par T. GRAHAM (10) en 1861; mais elles possèdent la propriété d'être *dissolvantes*, c'est-à-dire de se gonfler quand elles arrivent en contact avec un liquide. Par ceci, elles perdent leur rigidité et même il arrive que la matière se rompt en petites particules qui flottent dans le

milieu, formant ainsi un *système dispersé* qu'on appelle *solution colloïdale*.

W. OSTWALD (11) nous a donné un résumé modifié légèrement par VON WEIMARN (12). Ils différencient nettement ces systèmes dispersés.

La solution colloïdale doit être constituée au moins par un *milieu de dispersion* (dissolvant) et par une *substance dispersée* (corps dissous). D'après l'état de la division, du *degré de dispersion*, on définit le système. On l'appelle une *émulsion* ou *suspension* quand le diamètre des particules est plus grand que $0,1 \mu$; *solution colloïdale* d'un *suspenssoïde* ou *émulsoïde* quand le diamètre est entre $0,1 \mu$ et 5μ , et enfin une *solution moléculaire* ou *ionique*, quand le diamètre est inférieur à 5μ . (solution vraie).

Le système colloïdal est un suspenssoïde, quand il s'agit de la dispersion d'un corps *solide* dans un *liquide*; il s'appelle un émuloïde quand les deux corps sont constitués par des *liquides*. Leurs propriétés sont dues à un état de forte polymérisation, ils réagissent très peu avec les agents chimiques.

FREUNDLICH (13) nous a montré ensuite que les colloïdes peuvent aussi prendre le rôle des corps *absorbants*; ils fixent des molécules ou des ions qui sont dissous dans le milieu où ils se trouvent. Ce fait a une grande importance, et des démonstrations ont été données par MALFITANO (14), DUCLAUX (15), JORDIS (16), etc...

J. LOEB (17) a signalé le fait que certaines de ces substances peuvent avoir à la fois des propriétés acides et des propriétés basiques. On trouve l'analogie chez les polysilicates de sodium, formés d'un radical polysilicique et de sodium atomique. Il a

expérimenté surtout avec des colloïdes organiques, en particulier avec des protéines.

ÉLECTROLYSE DES SOLUTIONS COLLOIDALES

Si on opère avec une solution colloïdale en présence des ions salins, l'électrolyse montre que les substances colloïdales s'associent aux ions libres, suivant leur fonction acide ou basique.

En ajoutant une solution ionisée à une solution colloïdale, il est possible de changer le sens de l'association primitive dans les particules colloïdales.

WHITNEY et BLAKE (18) ont trouvé qu'en ajoutant à une solution colloïdale d'argent, une solution nitrique diluée, on renverse le sens de migration des particules.

L'étude de l'électrolyse des solutions colloïdales constitue la partie spéciale, dite : électrophorèse.

ÉLECTROPHORÈSE ET ÉLECTROOSMOSE

Le phénomène de l'électrophorèse est défini par le mouvement des particules en suspension dans un liquide quand on établit une différence de potentiel électrique entre deux points du milieu. Ce transport des particules est observé sur des matières très différentes : dans l'eau, avec des particules gazeuses (bulles très fines) ; avec des poussières solides, dans l'essence de térébenthine, etc. La vitesse que les granules peuvent acquérir dépend de la différence de potentiel.

L'électrophorèse est la conséquence de la différence de potentiel, qui existe entre le granule et le liquide qui l'entoure (double couche d'HELMHOLZ). Un tel granule se comporte exactement comme un ion et se meut vers l'anode ou la cathode, suivant la charge électrique qu'il possède. La différence qui existe entre un ion et un suspensioïde est dans la charge de ce dernier, qui n'est pas déterminée par sa fonction chimique, comme dans le cas de l'ion.

J. PERRIN (19) a montré que le sens du transport des particules dans l'eau, par exemple, dépend des traces des autres corps étrangers qui se trouvent inévitablement dans le liquide. Il suffit d'ajouter quelques gouttes d'acide (H^+) ou de base (OH^-) dans une solution colloïdale d'alumine, pour inverser la marche de migration des particules : le sens dépend donc de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu. Pour fixer les idées, d'après J. PERRIN, le naphthalène est positif dans une solution d'acide chlorhydrique $\frac{N}{5000}$, et négatif dans la solution de potasse $\frac{N}{5000}$.

Mais il existe un autre moyen aussi d'inverser le sens de migration. Il consiste dans l'addition de sels, capables de donner en solution des ions polyvalents, qui interviennent sans changement de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu. Une solution de 1/600 de molécule-gramme de ferrocyanure de potassium par litre, donnant par sa dissociation l'ion tétravalent $Fe(CN)^6$, est capable d'inverser le transport des particules dans une suspension d'alumine, sans changement de la réaction acide, qui donne en conditions normales un transport vers la cathode.

Après avoir considéré les changements du sens

de migration des particules, il est logique de prévoir qu'il doit exister aussi le moment où cette migration devient nulle. Le point neutre où il y a l'inversion, s'appelle *point isoélectrique* (HARDY (20) 1899).

La consommation d'énergie électrique pour faire mouvoir les particules est, dans le cas de l'électrophorèse, beaucoup plus petite que pour une électrolyse ordinaire, où toute la matière se trouve en état ionisé. Dans l'électrolyse, il est nécessaire de dépenser 96,500 Coulombs pour transporter une valence-gramme, ce qui correspond à 26,67 amp-heures. Au contraire, dans l'électrophorèse, ce n'est qu'une partie minime qui se trouve en état d'ions, qui sont englobés dans les particules colloïdales. Ils transportent ainsi un poids de substance beaucoup plus élevé que s'ils étaient seuls. Le transport de la matière par l'intermédiaire des ions, devient d'autant plus considérable que ces particules colloïdales en suspension sont plus grosses. On arrive ainsi à transporter par un amp-heure une quantité de matière de l'ordre d'un kilogramme.

L'électroosmose diffère de l'électrophorèse dans la considération des mouvements relatifs, produits par les courants électriques.

Si la *particule* en suspension est *mobile* dans un *liquide fixe*, c'est l'électrophorèse, tandis que si la *particule* devient *fixe* et le *liquide mobile*, c'est l'électroosmose. Ces particules fixes constituent la membrane à travers laquelle se produit le passage du liquide qui est dû au courant électrique.

HELMHOLTZ (5) a donné une explication. Sa théorie envisage qu'il existe une différence de potentiel entre la particule du liquide et les parois des pores

du diaphragme (théorie des doubles couches). On peut, dans ce cas-là, considérer cette différence de potentiel comme un « *potentiel d'absorption* », en admettant que les ions H^+ et les ions OH^- subissent l'absorption à des degrés différents (FREUNDLICH (13)). Les particules d'eau auront ainsi dans un tube capillaire une charge positive et elles seront entraînées par le courant électrique. Par ce mouvement, les particules voisines non chargées d'électricité, sont aussi entraînées par suite du frottement intérieur, existant dans les canaux capillaires. De cette façon, il y a mouvement sur toute une section transversale d'un tube étroit ou dans des canaux capillaires d'un diaphragme. C'est le phénomène d'électrocapillarité.

La force déterminant l'électroosmose est proportionnelle :

1° A la différence de potentiel ε , existant entre le liquide et la paroi solide;

2° La chute de tension H que subit le courant dans le diaphragme;

3° La constante diélectrique D du liquide.

Elle est inversement proportionnelle à la constante du frottement intérieur η du liquide. La quantité du liquide Q , transportée par électroosmose, par une section S , dans l'unité de temps, est, d'après la formule de PERRIN (6),

$$Q = \frac{S \cdot \varepsilon \cdot H \cdot D}{4 \pi \eta}.$$

Comme dans le cas d'électrophorèse, l'addition des ions étrangers peut changer le sens (ou passage du liquide) de l'électroosmose.

ÉLECTROFILTRATION

On peut utiliser le phénomène de l'électroosmose à la filtration des liquides, et on a *l'électrofiltration*.

La différence essentielle entre l'électrofiltration et la filtration ordinaire consiste dans le fait que cette dernière exige l'action de la gravité ou de la pression, tandis que l'électrofiltration n'exige qu'une différence de potentiel. Au point de vue industriel, cela pourrait être très intéressant.

Les parois filtrantes peuvent être constituées par des couches de matières colloïdales ou par un système poreux d'une nature variable (diaphragme argileux, tissus animaux ou végétaux, etc.).

En se basant sur ces faits, on trouve un champ très vaste pour l'application de l'électroosmose : la deshydratation des substances animales, végétales ou minérales, la purification des argiles, le tannage et teinture des cuirs, la dessiccation des tourbes, la désagrégation des fibres végétales (servant à fabriquer la pâte à papier), la purification de la cellulose, etc..

Nous ne traiterons dans cette étude que des phénomènes qui se produisent au passage du courant électrique dans le bois.

TRAITEMENT ÉLECTRIQUE DU BOIS

Une des premières applications des phénomènes dont nous avons parlé est le traitement électrique du bois. On a commencé cette étude dans le temps où tous les phénomènes concernant l'action de l'électricité sur les fibres végétales n'étaient pas encore

suffisamment étudiés, et c'est à ceci que l'on peut attribuer la faible réussite des tentatives dans ce sens.

Ainsi, nous rencontrons les dispositions données par NODON et BRETONNEAU (21), qui utilisent l'électricité pour produire le déseuage, en provoquant en même temps l'absorption des solutions antiseptiques (borate de sodium et résinate de soude, sulfate de magnésie ou de zinc, etc.). Ils ont essayé par leur procédé de rendre le bois plus dur, imputrescible, ininflammable (par des sels ammoniacaux) et de le sécher plus rapidement.

Par une disposition spéciale, plaçant les billes de bois dans une cuve contenant l'électrolyte, de sorte que les fibres soient verticales, ils ont fait passer un courant électrique de 110 volts. La durée du traitement était proportionnelle à la résistance électrique, dépendant de l'épaisseur et de l'humidité du bois. Il a nécessité 4,5 kw-heures par mètre cube de bois, l'intensité ne dépassant pas 4 à 6 ampères.

D'après DUMESNY (22), ce traitement produit :

- 1° Absorption par électrocapillarité;
- 2° Echange électroosmotique entre les substances salines de la sève et le bain;
- 3° Action électrolytique sur les ferments de décomposition et de putréfaction que renferme le bois;
- 4° Electrolyse simultanée des matières organiques et anorganiques. L'électricité facilitant le contact des réactifs avec les fibres ligneuses, les sels et oxydes métalliques se déposent et s'unissent à cette matière fibreuse, comme l'alun mordance, par exemple. les étoffes. Les tissus sont protégés ainsi contre toute influence extérieure.

On obtient des résultats semblables, d'après GUIDE (23) puis ALCOCK et C^{1e} (24), en utilisant à peu près le même dispositif, mais en opérant avec du courant alternatif.

*
**

Nous nous sommes proposé d'étudier l'action du courant électrique sur le bois, en utilisant plus systématiquement les nouvelles données sur les phénomènes d'électroosmose et d'électrocapillarité.

Nous avons voulu compléter les expériences de NODON et BRETONNEAU en étudiant la répartition des matières introduites par l'électricité dans les différentes parties du bois (extrémités, centre).

En même temps nous nous sommes efforcés de suivre les changements physiques du bois (examen microscopique), ainsi que les variations du courant.

Enfin, nous avons voulu essayer d'introduire dans le bois, par l'électricité, non seulement des substances minérales (ionisées) mais aussi des corps très peu ionisés (émulsions colloïdales).

DEUXIÈME PARTIE

Les Expériences

APPAREILLAGE

Pour exécuter nos expériences, il a fallu concevoir des appareils spéciaux, dépendant de l'essai à réaliser. Nous allons décrire les trois dispositions employées :

1° *Appareil avec échantillon du bois en position horizontale.*

L'appareil qui nous a servi le plus souvent pour les essais est constitué conformément au schéma représenté sur la *fig. 1* (page 25).

Nous avons immergé les deux extrémités de l'échantillon à étudier dans un électrolyte, en ayant soin d'empêcher le courant électrique de passer ailleurs *qu'à travers* le bois. Nous avons réalisé ceci en prenant des pochettes en caoutchouc, ayant la forme de cônes (ayant leurs sommets tournés vers le bas), dans lesquels nous avons découpé latéralement des ouvertures pour le passage du bois. Le

caoutchouc exerce une pression contre le bois, autour duquel nous avons tendu encore un fil métallique, de façon à obtenir une étanchéité parfaite.

Les éprouvettes utilisées dans ces essais mesuraient de 50 à 100 mm. de long et de 30 à 55 mm. de diamètre (diamètres correspondant à des sections transversales de 7 à 24 cm²).

Nous avons monté cet ensemble sur un support qui le maintenait dans sa position horizontale.

Les électrodes ont été choisies suivant le besoin et la nature de l'électrolyte : platine, charbon, plomb.

Pour mesurer l'intensité du courant, qui est parfois extrêmement faible (de l'ordre du milli-ampère), avec une précision suffisante, nous nous sommes servis d'un voltamètre. La quantité de gaz dégagée pour une durée bien déterminée, indique l'intensité du courant. Pour les déterminations impossibles à effectuer avec le voltamètre, quand le courant devient trop puissant (au-dessus de 20 milli-amp), nous avons utilisé un milliampèremètre ordinaire (dynamométrique).

Le voltamètre est mis en communication avec une cuve à eau, contenant une éprouvette graduée : on déduit ainsi l'intensité du courant par la mesure du volume total des gaz dégagés. Le voltage étant constant, nous avons pu suivre ainsi les variations de la résistance dans le bois.

Les appareils sont montés en série, conformément au schéma ci-contre, sur le secteur de 110 volts, courant continu.

Le voltamètre contenait une solution de soude (NaOH) dans l'eau, qui se décomposait par électrolyse en hydrogène et oxygène. Pour mesure l'inten-

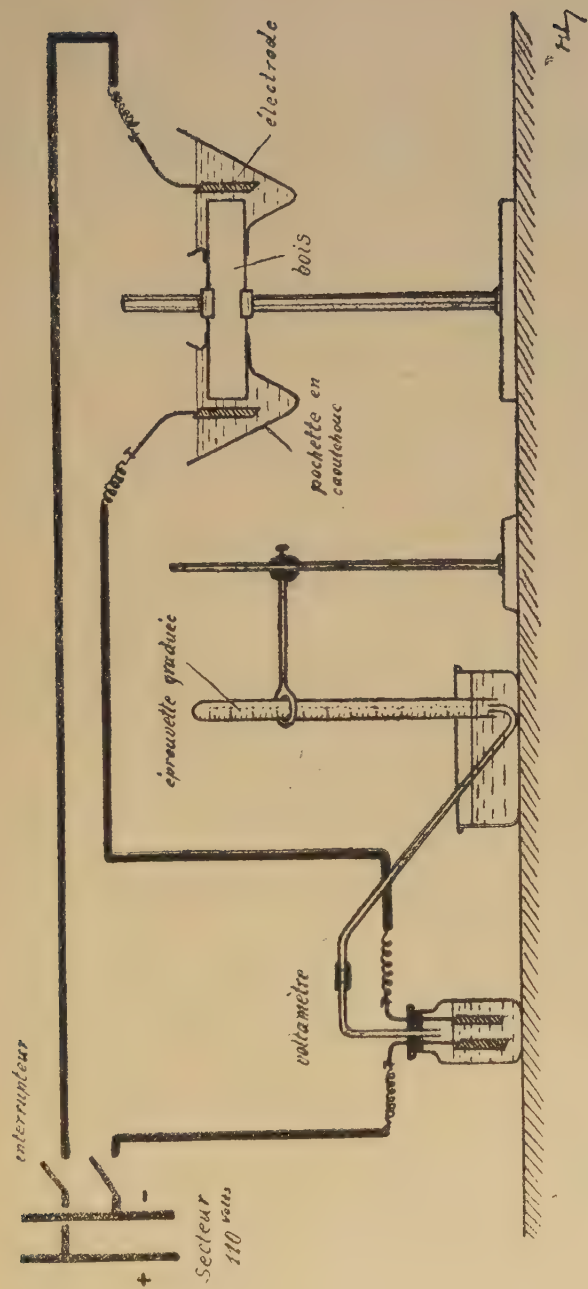


FIGURE 1

Disposition des appareils traitant l'échantillon de bois en position horizontale.

sité avec cet instrument, il est nécessaire de connaître la proportion exacte des gaz et la durée du dégagement. On déduit de ces données :

$$i = k \frac{q}{t} \text{ amp}$$

q étant le volume du gaz, t la durée du dégagement et k une constante, fonction de la nature du gaz et du système d'unités choisies.

Nous allons donc calculer cette constante pour le voltamètre qui, dans notre cas, fonctionnera avec du gaz tonnant.

DÉTERMINATION DE LA CONSTANCE DU VOLTAMÈTRE

Par électrolyse dans le voltamètre, 96,600 Coulombs délibèrent $\frac{22,400 \text{ cc}}{2}$ d'hydrogène ou $\frac{11,200 \text{ cc}}{2}$ d'oxygène, soit : $\frac{33600 \text{ cc}}{2}$ des gaz, aux conditions normales (press. 760 m/m, temp. 0°).

Si la pression est H , la température t° , le volume est déterminé, dans ces conditions, par la formule :

$$V = \frac{V_0 (1 + 0,00367 t^\circ) 760}{H}$$

Admettons une température moyenne de 10° et la pression de 760 m/m. Nous avons ainsi :

$$96600 = \frac{33600}{2} (1 + 0,0367)$$

d'où :

$$1 \text{ amp/sec} = \frac{33600 \cdot 1,0367}{2 \cdot 96600} = 0,182 \text{ cc des gaz}$$

Si nous cherchons l'intensité qui correspond au dégagement de 1^{cc} pendant 1 minute, la constante est :

$$k = \frac{1}{0,182.60} = 0,0926$$

ou, en exprimant l'intensité en milli-ampères, la formule finale devient :

$$i = 92,6 \frac{q^{\text{cc}}}{t_{\text{min}}} \text{ milli/amp.}$$

2° Appareil avec échantillon du bois en position verticale.

Cette disposition peut être considérée comme une variation de celle qu'on a décrite plus haut. L'électrolyte n'était plus disposé aux deux extrémités du bois; nous nous sommes contentés d'immerger l'éprouvette à étudier simplement par une de ses extrémités.

Le bois était pourvu, dans sa partie non immergée dans le liquide, d'une tige métallique qui était enfoncée dans sa masse et qui servait d'électrode. L'autre électrode, ayant la forme d'une plaque ordinaire, était déposée au fond de la cuve qui contenait le bain d'imprégnation. Le bois lui-même était tenu par un support isolateur au moyen d'une pince qui resserrait la tige-électrode par une vis. La figure 2 (page 28) nous montre cette disposition.

Avec cet appareil, nous obtenons l'imprégnation d'une manière un peu différente qu'avec le premier. Dans celui-ci, en effet, le passage des particules électrisées a eu lieu dans les deux sens : « cathode-

anode » et « anode-cathode ». Dans l'appareil vertical, l'imprégnation, due à l'action du courant électrique, ne s'est effectuée que de bas en haut (électrode enfoncé dans le bois « aspirant » les ions de charge contraire).

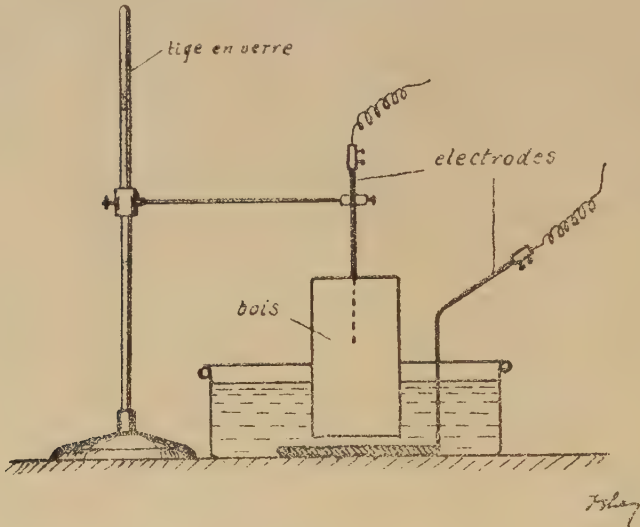


FIGURE 2
Disposition de l'appareil, traitant l'échantillon de bois
en position verticale.

Dans le premier appareil, les particules qui sont entrées dans le bois sous l'influence de l'électricité n'y sont pas restées en totalité (il est pratiquement très compliqué de fixer tous les ions, car une partie de ceux-ci sortent inévitablement par l'électrode qui les a fait antérieurement rentrer). Le deuxième appareil fixe la matière plus complètement.

Quant aux connexions des appareils de mesures (du voltamètre, de l'ampèremètre), elles ne diffèrent pas de celles de la première disposition.

Afin d'éviter les courants trop forts, nous étions obligés de monter une ou plusieurs lampes en série avec l'ensemble.

On peut dire qu'ainsi le système devient auto-régulateur, c'est-à-dire que, pour les très faibles courants, les lampes ne produisent presque aucune chute de tension ($v = r i$, i étant très faible, v s'approche de zéro); il s'applique alors la tension totale disponible entre les électrodes du bois. Au contraire, quand le courant devient plus fort, la chute de tension aux bornes des lampes devient plus considérable (i n'étant plus si faible, $r i$ prend donc aussi une valeur bien différente de zéro), d'où une régularisation et même l'imposition d'une valeur maxima pour l'intensité.

Ce système régulateur était employé aussi pour quelques expériences avec le bois en position horizontale, puis dans la disposition avec le bois en copeaux, décrit ci-dessous.

3° *Appareil pour l'étude du bois divisé à l'état de copeaux.*

Comme dernière disposition, nous avons utilisé un appareil qui consiste essentiellement en une cuve à électrolyse ordinaire, dans laquelle on introduit les copeaux de bois. Cet appareil avait pour but l'extraction, grâce à l'électricité, de certains composés, tels que : résines, etc., composés qui sont contenus dans la masse même du bois. Nous avons pris des copeaux de 10 à 15 m/m de longueur et de 6 à 8 m/m de diamètre environ, que nous avons disposés entre deux électrodes de plomb (*fig. 3*, page 30). L'électrolyte était introduit dans la cuve.

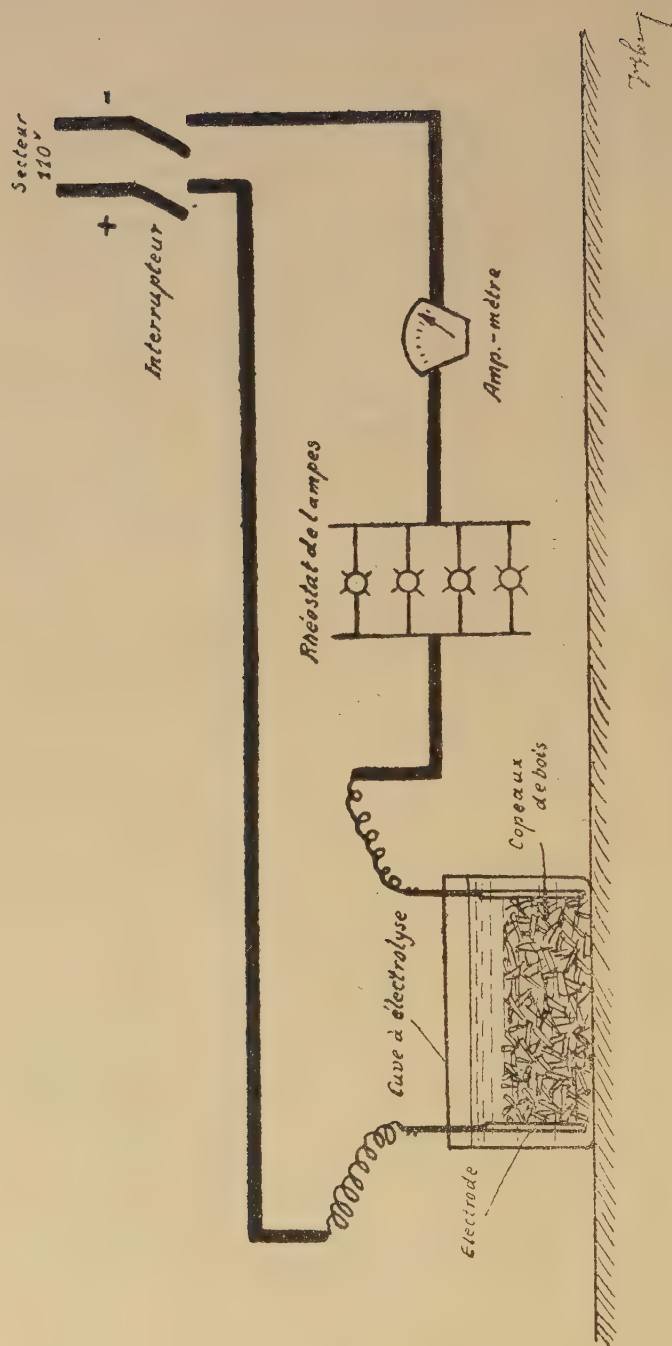


FIGURE 3
Disposition des appareils pour le traitement du bois en copeaux.

Il est évident qu'il ne faut pas utiliser, dans cette disposition, tous les 110 volts disponibles. Nous avons intercalé dans le circuit un rhéostat formé par plusieurs lampes à incandescence. L'intensité était mesurée par un amp-mètre. Les électrodes étaient en charbon ou en plomb.

L'appareillage que nous venons de décrire a suffi pour l'exécution de la série d'expériences que nous allons exposer, en donnant toutes les observations et chiffres numériques dans l'ordre qu'on a pu les observer.

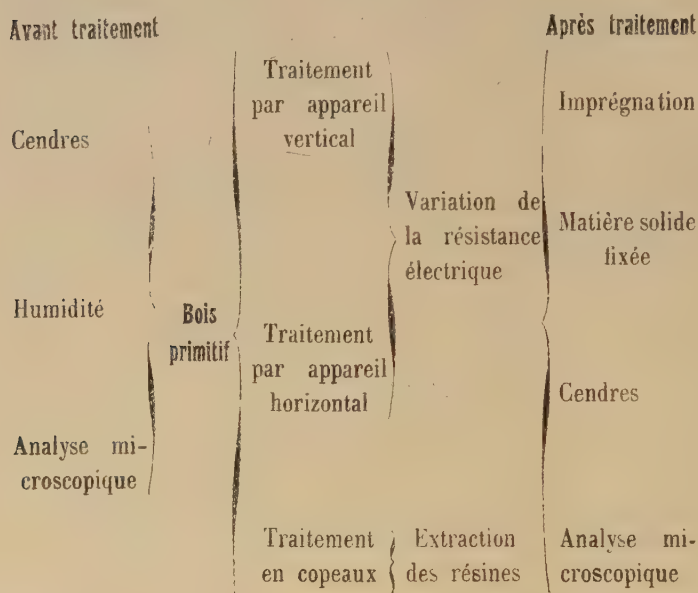
DIVISION DU TRAVAIL

Les éprouvettes de bois, installées suivant les modes opératoires précédemment décrits, ont été soumises à l'action du courant électrique. Nous avons étudié :

- 1° La variation de la résistance électrique;
- 2° L'imprégnation totale par le liquide;
- 3° La quantité de matière solide fixée dans le bois;
- 4° La quantité de cendres résiduelles dans le bois après le traitement;
- 5° L'analyse microscopique;
- 6° Le sens (direction) de l'échange osmotique.

Avant l'expérience, nous avons déterminé, pour un échantillon donné, l'humidité initiale du bois, le pourcentage des cendres et la constitution microscopique.

Le schéma suivant résume la division de notre travail :



Les expériences mêmes ont été classées en plusieurs groupes :

I. Expériences d'orientation (eau distillée, iode, et sels se précipitant à l'intérieur du bois : CrO_4K^2 et $\text{Pb}(\text{NO}_3)^2$).

II. Traitement avec :

- a) des acides (H_2SO_4 , HCl) ;
- b) des bases (NaOH) ;
- c) des sels (ZnCl_2 , Ca Cl_2 , Hg Cl_2 , Mg SO_4 , Cu SO_4) ;
- d) des émulsions (créosote de pin, tanin).

EXPERIENCES D'ORIENTATION

TRAITEMENT AVEC L'EAU DISTILLÉE (H^2O)

La première phase de notre travail a eu pour but de nous familiariser avec les phénomènes qui se produisent pendant le passage du courant électrique à travers le bois, ceci en l'absence de solutions ionisées. Pour cela, nous avons choisi l'eau distillée.

L'eau distillée a été mise aux deux extrémités du bois dans des pochettes en caoutchouc (*fig. 1*), comme dans l'appareil horizontal décrit précédemment. Nous avons utilisé dans ces expériences des électrodes en platine.

Quand on ferme le circuit sur le morceau de bois, on n'a, au commencement de l'opération, qu'un passage de courant infiniment petit (dû aux impuretés) et que les instruments de mesure ne permettent pas de percevoir. Ceci tient à ce que l'eau distillée n'est pas un électrolyte. Au bout de quelque temps, quand les sels contenus dans la sève se sont diffusés dans l'eau, elle devient forcément conductrice et permet de faire ainsi les observations et les mesures.

Nous avons installé notre appareil le soir pour commencer à suivre les mesures dès le lendemain.

L'intensité qui passe sous une tension inva-riable de 110 volts est très faible (entre 1 et 2,5 milli-amp) et varie irrégulièrement. Le graphique que nous donnons (*fig. 4*) montre cette variation de l'intensité pendant trois jours (durée du traitement).

Pendant la nuit, le courant n'étant pas coupé, nous avons pris la valeur moyenne de l'intensité qui se détermine facilement par la quantité du gaz

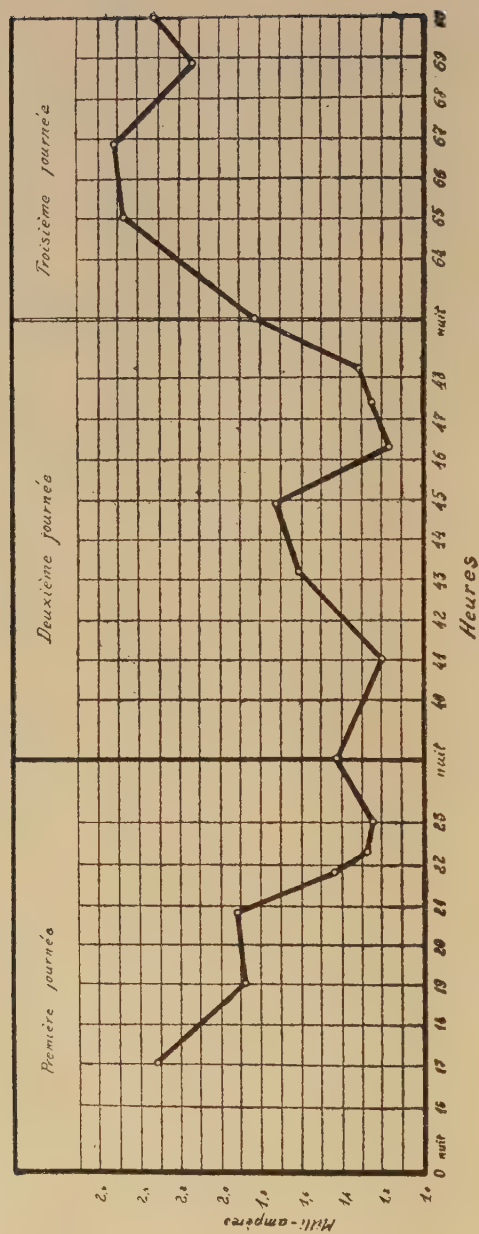


FIGURE 4
Variation de l'intensité en fonction du temps au traitement, avec de l'eau distillée.

dégagé pendant ce laps de temps, gaz que nous avons recueilli dans l'éprouvette graduée du voltamètre. (D'ailleurs, cet instrument nous donne toujours une valeur moyenne).

Voici les données numériques pour l'intensité :

Heures.	0—	17—	19—	20 ⁴⁵	21 ⁴⁵	22 ¹⁵	23—	^ nuit	41—	43 ¹⁵
Milli-amp	0	2,31	1,88	1,92	1,44	1,28	1,25	1,42	1,2	1,62

Heures.	44 ⁵⁰	46 ²⁰	47 ²⁵	48 ¹⁵	nuit	65—	66 ⁵⁰	68 ⁵⁵	70—
Milli-amp	1,74	1,17	1,26	1,34	1,82	2,47	2,51	2,14	2,31

Le traitement a duré 70 heures environ. Au bout d'un jour, le liquide du côté de l'anode commence légèrement à se colorer en jaune-brun. La réaction est faiblement acide. Du côté de la cathode, le liquide se colore très peu et réagit basiquement.

Ces faits s'expliquent par l'expulsion de la sève et par la dissolution des sels. Nous avons analysé après le traitement électrique les liquides et nous avons déterminé leurs densités.

Voici les résultats obtenus pour 50^{cc} de liquide :

Polarité	Densité	Matières organiques		Matières minérales	
		en grammes	en %	en grammes	en %
Pôle positif	1,00042	0,0266	0,0532	—	—
Pôle négatif	1,00172	0,0293	0,0586	0,0204	0,0408

Nous nous expliquons les changements de l'intensité (voir le graphique *fig. 4*) ainsi :

1^{re} Phase. L'intensité, forte au commencement,

diminue peu à peu à cause de l'expulsion du liquide intracellulaire;

2^e Phase. L'intensité reste à peu près constante;

3^e Phase. L'intensité augmente de nouveau. Cette augmentation est due probablement à la dissolution des sels minéraux, contenus dans le bois, c'est ce qui augmente le degré d'ionisation de l'eau.

On a remarqué ensuite un abaissement des niveaux des électrolytes, des deux côtés, tout en observant que cet abaissement a été accentué du côté positif.

Voici les autres données :

Nature du bois	branche fraîche, 7 ans, pin maritime.
Longueur	82 m/m
Diamètre	31 m/m
Section transversale ..	7,54 cm ²
Humidité	37,8 %
Poids (avant)	54,3 grammes
Poids (après)	69,4 grammes
Imprégnation	27,8 %
Électrolyte	H ² O
Durée du traitement ..	70 heures

Sans traitement, le bois sec contient des cendres :

Bois sec	12,2702 grammes
Cendres	0,0252 grammes

Exprimés en p. 100 :

Cendres	0,205 %
---------------	---------

Pour déterminer la teneur en cendres après l'expérience, nous divisons le tronçon en trois parties à peu près égales : pôle (+), pôle (—) et le milieu.

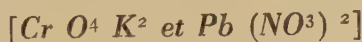
Partie	pôle (+)	pôle (—)	milieu
Bois sec en grammes	12,4126	10,6524	9,3492
Cendres { en grammes	0,0147	0,0201	0,0116
{ en %	0,118	0,189	0,124

Le bois primitif contenant 0,205 % de cendres, il y a donc une différence après le traitement électrique. Par rapport au bois sec, cette diminution des cendres est, pour les diverses parties :

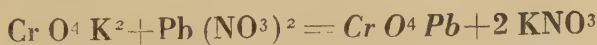
Pôle (+)	0,087 %
Pôle (—)	0,016 %
Milieu	0,081 %

Ce sont les observations les plus importantes que nous avons rearmquées pendant cet essai. Pour se rendre compte d'une manière plus exacte de ce qui se produit dans *l'intérieur* du bois, nous avons fait l'expérience ci-dessous :

TRAITEMENT AVEC LE CHROMATE DE POTASSE
D'UN COTÉ ET LE NITRATE DE PLOMB DE L'AUTRE



La réaction qui se produit entre le chromate de potasse et le nitrate de plomb est :



donnant le précipité de chromate de plomb jaune.

En entraînant ces ions à l'intérieur du bois, pour qu'ils donnent le précipité dans le corps même du bois, nous verrons d'abord :

1° Si l'imprégnation suit une marche régulière,

c'est-à-dire si elle se produit à l'intérieur avec la même vitesse qu'aux couches superficielles;

2° Comment se comportent les parties n'ayant pas une formation égale (couches annulaires, cœur du bois, etc.) envers les phénomènes complexes que produit le passage du courant électrique;

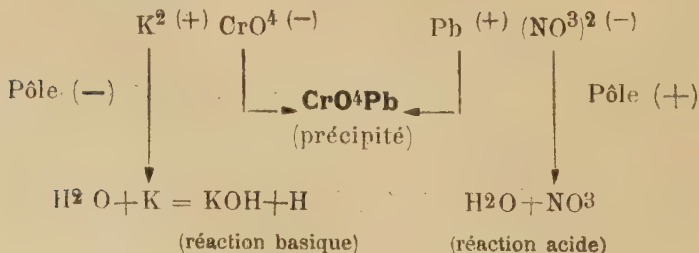
3° Si la vitesse de pénétration des ions différents est la même le précipité se formera au milieu; si elle n'est pas la même, le précipité sera plus approché de l'un des pôles.

Nous avons exécuté l'expérience en opérant avec l'appareil horizontal, (électrodes en platine).

Comme le montrent les formules ci-après, le choix de la polarité est déterminé. L'ionisation des deux sels est en solution aqueuse :



Pour produire la circulation des ions dans le sens voulu, pour qu'ils donnent un précipité dans le bois, il a fallu mettre forcément le chromate de potasse du côté de la cathode et le nitrate de plomb du côté de l'anode. Dans ce cas-là, le processus qui se produit par suite de l'électrolyse est représenté schématiquement comme suit :



Le chromate de plomb se dépose à l'intérieur des canaux du bois.

Voici les données de l'expérience :

Nature du bois	{ Branche fraîche, 7 ans, pin maritime.
Longueur	100 m/m
Diamètre	34 m/m
Section transversale . .	9,08 cm ²
Humidité	38,2 %
Poids (avant)	52,8 grammes
Poids (après)	73,2 grammes
Imprégnation	38,6 %

Électrolyte { à l'anode Pb (NO₃)₂ à 10 %
à la cathode CrO₄K₂ à 10 %

Durée du traitement . . 12 heures

La variation de l'intensité, ainsi que celle de la résistance, peuvent être suivies par le tableau ci-dessous et le graphique de la fig. 5 qui montre la variation de l'intensité en fonction du temps. Cette variation est, comme on le voit, un peu irrégulière.

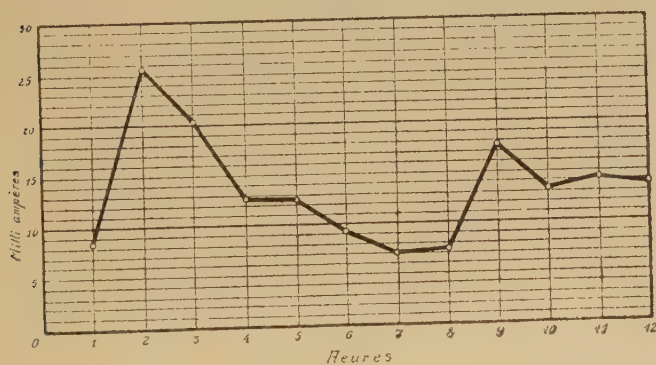


FIGURE 5

Variation de l'intensité en fonction du temps, au traitement avec le chromate de potassium et le nitrate de plomb.

Heures	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Milli-amp	8,58	25,8	20,3	12,85	12,6	9,4	7,06	7,37	17,62	13,10	14,2	13,9

La capacité des cuves de caoutchouc contenant les liquides n'étant pas trop grande (120° environ), on peut apercevoir très nettement, déjà au bout de quelques heures, l'abaissement considérable des niveaux. Cet abaissement est surtout accentué du côté de l'anode.

La réaction devient très vite alcaline du côté négatif et acide du côté positif. On remarque aussi le dégagement de l'hydrogène à la cathode.

Voici la comparaison des teneurs en cendres :

Parties	Bois sec en gr.	Cendres en gr.	Cendres en %
Pôle (+)	6,4022	0,3206	5,07
Pôle (—)	6,4504	0,1604	2,3
Moyenne :	8,4230	0,3064	3,64
Morceau sans traitement	10,1252	0,0160	0,158

Nous avons introduit 3,482 % de matière minérale dans le bois. (Différence entre la totalité des cendres introduites et la teneur primitive du bois en cendres.)

Par l'étude de la coupe de l'échantillon ainsi traité, nous avons observé une imprégnation complète dans toutes les parties. Pour avoir une comparaison, nous avons mis des morceaux du même bois à l'imprégnation, sans l'action du courant, dans des conditions tout à fait semblables. Le résultat n'était pas comparable avec celui ci-dessus.

L'imprégnation n'a eu lieu que sur les parties superficielles du bois, à une profondeur de quelques millimètres seulement, tandis que, par action du courant électrique, l'imprégnation avait lieu dans toutes les parties du bois.

Cette constatation est très facile à faire avec le chromate de potasse, parce qu'il colore le bois en gris-verdâtre. Il est plus difficile de suivre l'imprégnation par le nitrate de plomb (sans réactif), car ce dernier ne donne au bois qu'une nuance rougeâtre, à peine perceptible. Le passage des ions est tout de même évident d'après la fixation du précipité jaune du chromate de plomb à l'intérieur du bois.

Cette fixation du précipité due au courant électrique s'aperçoit sur *toutes les parties d'une section transversale*, y compris les couches d'automne, le cœur, etc...

Quant à la vitesse du passage des ions (ions de plomb, ions chromiques), elle n'est pas la même dans toutes les parties.

L'endroit où la précipitation a été la plus forte, était du côté de l'anode. Ce fait nous explique que les ions du chromate traversent le bois plus vite que ceux du plomb.

L'homogénéité de l'imprégnation par ces sels est différente : elle dépend des parties considérées dans le sens longitudinal.

Les parties où la réaction des deux corps n'a pas encore eu lieu, correspondant aux deux extrémités, qui sont imprégnées seulement par le chromate de potasse ou par le nitrate de plomb : l'imprégnation est à peu près homogène. A l'endroit où la précipitation a eu lieu, il n'y a plus d'homogénéité. Nous y constatons dans le *sens longitudinal* des *couches*

transversales du précipité, couches tantôt épaisses, tantôt minces, séparées par des parties peu colorées, c'est-à-dire moins imprégnées.

On peut interpréter la formation de telles couches successives par « l'effet Becquerel ».

D'après PLATARD (25), ces phénomènes sont dus à l'inégale perméabilité de la membrane aux ions.

Le phénomène n'est pas une réaction chimique ordinaire. Il y a apparition d'autres états d'équilibres et de nouveaux groupements ioniques, imprévisibles, selon les normes de la chimie purement réactionnelle. Le phénomène s'observe chaque fois qu'entre deux milieux électrolytiques en relations d'échanges s'interposent des membranes fonctionnant comme des « trieurs d'ions ».

Une explication rigoureuse du mécanisme de « l'effet Becquerel » n'est pas encore connue.

TRAITEMENT AVEC SOLUTION D'IODE (I).

L'iode en solution ionisée est un anion; la molécule porte la charge négative. En employant une telle solution, qui nous permet d'étudier l'imprégnation par un ion coloré, le mouvement des ions d'iode ne se produira que dans un sens : du pôle négatif vers le pôle positif.

Pour cette expérience nous avons employé deux dispositifs : l'appareil horizontal et l'appareil vertical.

a) *Expérience avec le bois en position horizontale.*

Nous nous sommes servi d'une solution aqueuse d'iode à 1 %, mise de chaque côté (iode dissous en présence d'iodure de potassium). Tension aux

bornes, 110 volts. Electrodes en platine. Intensité relativement forte, variant entre 0,01 et 0,34 ampères.

Au bout de quelques heures, tout l'iode contenu dans la pochette cathodique a disparu (le bain est devenu complètement incolore). A l'anode, au contraire, la concentration en iode devient plus forte. Nous concluons de cette expérience que l'iode a dû passer de la cathode vers l'anode *en traversant le bois*.

Nous avons essayé de déterminer la vitesse de transport à travers du bois d'iode ionisé, en dosant l'iode libre avant et après le passage de n Coulombs.

A cet effet, nous avons fait passer à travers une éprouvette cylindrique de bois de 65 m/m de long et 18 cm² de section, 89 Coulombs. Les pochettes contenaient de chaque côté 100 cc de la solution d'iode.

Après le passage des 89 Coulombs, nous avons obtenu :

Polarité	Pôle (+)	Pôle (—)
Iode (avant) en grammes	0,910	0,754
Iode (après) en grammes	0,931	0,392

Pour le pôle négatif, la diminution d'iode est de 0,362 gr., ou par rapport à la teneur initiale, la concentration diminue de 48,1 %.

Pour le pôle positif, la teneur en iode augmente de 0,020 gr., ou en pour cent, de 2,3 %.

Nous avons donc introduit par le courant électrique, en dépensant 89 Coulombs, 0,362 gr. d'iode

d'un côté, et nous avons ressorti 0,020 gr. de l'autre côté. 1 Coulomb introduit donc 0,00407 gr. d'iode et en ressort 0,000224.

Par conséquent, comme nous avons pu transporter une quantité d'iode ionisé, d'un côté à l'autre pendant un temps déterminé, il est probable qu'en coupant le courant à temps on pourrait arriver à laisser préexister dans le bois la quantité voulue de matière imprégnante.

Mais au lieu de rechercher ce moment qui nous convenait pour la fixation des ions d'iode, nous avons procédé d'une façon plus simple et plus commode, et en même temps plus efficace, en fixant les ions chargés en leur entière totalité dans le morceau de bois. Nous avons réalisé ceci par l'expérience ci-dessous :

b) *Expérience avec le bois en position verticale*

C'est le dispositif décrit plus haut et montré sur la *fig. 2* (page 28). La tige métallique constituant l'électrode positive attire forcément les ions d'iode, qui ont la charge négative et ceux-ci passent à l'intérieur du bois. Ils y sont fixés de cette façon.

Sur la photographie de la *fig. 6*, on voit l'imprégnation partielle du bois par cette méthode. Elle s'était produite surtout autour de la tige métallique. Ceci tient à ce que la solution d'iode employée pour cette expérience n'a pas eu une concentration suffisante et que le traitement par le courant électrique a été trop poussé.

L'effet qui en est résulté est que l'iode est passé, dans sa plus grande partie, aux environs de l'électrode par laquelle il était attiré.



FIGURE 6
Reproduction photographique
d'une pièce de bois, imprégnée partiellement d'iode
par le traitement électrique.

Ce passage des ions d'iode est aisément suivi par la coloration jaune-verdâtre donnée au bois. Sur la photographie, on distingue très bien les parties imprégnées de celles qui ne le sont pas.

En faisant attention de couper le courant au moment où on arrive à peu près à la décoloration de l'électrolyte, on obtient une imprégnation très homogène.

Cette expérience est caractérisée par les données suivantes :

Nature du bois	{	Morceau d'aubier, 35 ans,
		pin maritime.
Dimensions		50×55×100 m/m
Humidité		36,2 %
Poids (avant)		186,5 grammes
Poids (après)		209,6 grammes
Imprégnation		12,4 %
Électrolyte	{	eau distillée 250 cc
		iodure de potasse 5 grammes
		iode 3 grammes
Durée du traitement . .		2 heures

L'intensité a varié entre 0,1 à 0,5 ampères.

Au commencement de l'opération, il est intéressant de suivre comment la solution monte vers le haut dans des fibres extérieures. Il y a des fibres qui s'imprègnent très vite, tandis que d'autres ne le font que lentement; ceci nous laisse comprendre la complexité du tissu végétal.

La quantité des cendres du bois traité est pratiquement la même après et avant l'opération; ceci prouve que le courant électrique n'a pas eu le temps d'éliminer les matières minérales du bois.

Le bois sans traitement par le courant contenait 0,244 % de cendres (par rapport au bois sec). La partie trempée dans le bain (pôle négatif) donnait

0,228 %, la partie supérieure (pôle positif) en contenait 0,239 %. Il n'y a donc pas eu une différence sensible.

**

Par ces expériences préliminaires, nous avons été renseigné sur la façon du transport des ions, à l'aide de l'électricité, à travers le bois. Nous n'avons opéré ici qu'avec les solutions ionisées, solutions qui sont par elles-mêmes sans aucune action sur les bois.

PASSAGE DES IONS D'ACIDE GRACE AU COURANT ELECTRIQUE A TRAVERS LE BOIS

ACIDE SULFURIQUE



En voulant conserver le bois à l'aide de l'acide sulfurique, on produit une couche superficielle carbonisée, qui devient alors la protectrice de l'objet.

Quant à nos essais avec cet acide, ils n'ont qu'une valeur scientifique, parce qu'en poussant cette carbonisation jusqu'à l'intérieur du bois, ce qui arrive par le traitement électrique, le bois perd sa résistance mécanique.

Ce qui diffère beaucoup entre les divers essais, c'est la grande conductibilité que le bois obtient presque immédiatement en l'imprégnant électriquement par de l'acide H^2SO^4 . Ceci nous oblige à intercaler dans le circuit une lampe régulatrice et à employer au lieu du voltamètre un milli-ampère-mètre; la disposition était en dehors de ceci semblable à celle de la *fig. 1* (page 25). Pour électrodes, nous avons pris des plaques de plomb.

Voici les caractéristiques de l'expérience :

Nature du bois	(Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	52 m/m
Diamètre	50 m/m
Section transversale . . .	19,62 cm ²
Humidité	29,4 %
Poids (avant)	65,1 grammes
Poids (après)	105,8 grammes
Imprégnation	61,5 %
Electrolyte	H ² SO ⁴ à 5 %
Durée du traitement . .	30 heures

La comparaison de la teneur en cendres nous est donnée par le tableau suivant :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec (en grammes)	7,63	10,05	27,35
Cendres (en grammes)	0,0143	0,0167	0,0682
Cendre en %	0,187	0,166	0,249

On voit nettement, d'après les chiffres obtenus, que le traitement par cet acide cause une diminution des cendres (30 % environ) avec peu de différence pour les pôles.

Pendant l'opération, le bois s'échauffe jusqu'à 40° environ. Après le démontage de l'appareil, une coupe longitudinale nous a permis d'apercevoir une carbonisation qui a commencé à se produire au milieu, sur une section transversale entière, longue de 20 m/m à peu près.

L'imprégnation s'étend sur toutes les parties du bois. L'électrolyte du côté de la cathode devient jaune-brunâtre après le traitement. On remarque aussi une diminution considérable des liquides des deux côtés, surtout du côté de l'anode, où il fallait réajouter de la solution.

La tension appliquée était celle du secteur (110 volts). L'intensité est relativement forte et varie assez régulièrement avec une tendance à l'augmentation. Nous donnons ci-dessous les valeurs obtenues en fonction du temps :

Heures	0 ¹⁵	0 ²⁰	0 ³⁰	3 ⁰⁰	4 ³⁰	23 ⁰⁰	23 ³⁰	28 ⁰⁰	30 ⁰⁰
Milli-amp	49,4	51,5	52,4	120	110	121	126	450	430

Après avoir fait cette expérience, nous traitons le bois par le courant électrique en y faisant entrer l'acide chlorhydrique.

ACIDE CHLORHYQUE (HCl)

Le dispositif est toujours le même : le bois en position horizontale, une lampe en série. Le passage du courant s'établit ici aussi en très peu de temps et l'intensité devient relativement forte (de l'ordre de 100 milli-ampères). L'imprégnation s'effectue avec une rapidité telle, que nous avons été obligés de réajouter de l'acide chlorhydrique au bout de quelques heures. Pendant l'opération, la pièce de bois s'échauffe légèrement (35°). Le tableau des intensités nous donne :

Heures	015	030	1	2	3	20	21	26	27
Milli-amp	50	80	100	100	110	200	420	150	160

L'allure de la marche augmente progressivement pour diminuer un peu vers la fin du traitement.

La coupe longitudinale de la pièce montre quelques particularités. Il se produit de nouveau une carbonisation du bois au milieu, sur une longueur de 10 m/m environ. Ce qui est intéressant, c'est que la carbonisation est beaucoup plus forte dans les parties où les tissus sont plus denses qu'aux endroits où ils le sont moins; dans ce dernier cas, la carbonisation est plus faible.

Au milieu, où il y a concentration des ions d'acide, ceux-ci ont dû brûler le bois; un phénomène analogue s'était produit avec H^2SO^4 .

Pendant le traitement, nous avons observé le dégagement des gaz aux deux pôles (H et Cl). A la cathode la réaction du liquide devient basique vers la fin.

Voici les caractéristiques numériques :

Nature du bois	{ Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	48 m/m
Diamètre	55 m/m
Section transversale . . .	23,8 cm ²
Humidité	35 %
Poids (avant)	72,3 grammes
Poids (après)	110,6 grammes
Imprégnation	52,9 %
Electrolyte	HCl à 5 %
Durée du traitement . .	27 heures

Voici la comparaison de la teneur en cendres :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec en grammes	18,7	16,2	22,4
Cendres en grammes	0,0493	0,0353	0,0539
Cendres en %	0,263	0,218	0,241

Pratiquement, il n'y a donc pas de diminution de cendres.

Les électrolytes restent après le traitement clairs et propres; du côté de l'anode, le liquide se colore en jaune très clair, tandis qu'il reste incolore du côté de la cathode. L'imprégnation a été régulière.

PASSAGE DES IONS DES BASES GRACE AU COURANT ELECTRIQUE A TRAVERS LE BOIS

SOUDE ($Na\ OH$)

L'essai avec la soude a été effectué avec l'appareil horizontal, sans aucune modification. Electrodes en platine. Caractéristiques numériques :

Nature du bois	} Branche fraîche, 7 ans, pin maritime.
Longueur	
Diamètre	130 m/m
Section transversale . . .	35 m/m
Humidité	9,6 cm ²
Poids (avant)	47 %
Poids (après)	69,8 grammes
Imprégnation	90,1 grammes
Electrolyte	29,1 %
Durée du traitement . .	Soude à 1 %
	29 heures

L'intensité du courant appliqué sous la tension de 110 volts est très faible (voir le tableau d'intensités) et diminue constamment. A la fin, elle est à peine 2 milli-amp.

Heures	1	3	19	23	28	29
Milli-amp	7,06	7,46	6,71	5,91	3,01	2,46

Une diminution du liquide était constatée surtout du côté de la cathode. Du côté de l'anode, la réaction devient acide et la solution se colore en jaune-brun. Par extraction à l'éther, on y trouve des traces de résine, ce qui nous a incité à examiner ultérieurement ce phénomène d'une façon plus minutieuse.

La coupe longitudinale de l'échantillon traité nous a prouvé que l'imprégnation ne s'est pas étendue dans la totalité de l'éprouvette; elle se localise

plutôt aux extrémités, où il se produit en même temps une légère décomposition des tissus ligneux, avec une coloration jaune vive du bois.

Voici le tableau permettant de comparer la teneur en cendres :

Parties	Bois sec en grammes	Cendres en grammes	Cendres en p. 100
Pôle négatif	6,0788	0,0174	0,287
Pôle positif	6,4934	0,0193	0,298
Milieu	7,481	0,0158	0,212
Sans traitement	10,832	0,0246	0,227

Aux proximités des pôles, on constate une augmentation dans la teneur en cendres; au milieu, il n'y a pas pratiquement de changement.

Pour étudier l'extraction de la résine du bois par la soude à l'aide du courant électrique, nous avons conçu une disposition spéciale, décrite déjà préalablement (page 29).

Nous avons soumis à l'électrolyse le bois à traiter par la soude, ce bois étant divisé à l'état de copeaux. Afin de pouvoir interpréter correctement les résultats obtenus, nous avons traité séparément par la soude et sans action du courant électrique (toutes autres conditions étant constantes par ailleurs) des copeaux de bois qui nous ont servi de témoins.

Nous avons tenu compte pour la comparaison des facteurs suivants : concentration, dimensions des copeaux, échauffement, dû au passage du courant. Tous ces essais étaient évidemment faits en opérant sur un même bois.

L'imprégnation (quantité d'électrolyte absorbée % de bois) ainsi que le pourcentage d'oléorésines

extractibles, est sensiblement plus faible pour le bois soumis à l'action du courant électrique que pour le témoin.

La liqueur sodique qui, dans le cas du témoin, a après traitement une coloration orangée est, au contraire, fortement colorée en brun dans l'expérience ayant utilisé l'action de l'électricité.

La résine a été dans les deux cas libérée de la solution sodique, par décomposition du résinate de soude formé, avec un acide fort (HCl par exemple). Le précipité obtenu est filtré, séché et pesé. Par extraction à l'éther, on dissout les oléorésines, tandis que certains constituants du bois solubilisés par la soude, restent insolubles. (Ces constituants composés sans doute en majeure partie d'hémi-cellulose et de lignine, constituent environ 0,6 % du bois.)

Nous avons ainsi obtenu :

Sciure sèche	7 grammes
Oléorésines	0,0906 grammes
ou en p. 100 :	
Oléorésines	1,29 %

Nous avons obtenu, d'autre part, par les deux opérations les chiffres que voici :

	Avec électricité	Sans électricité
Poids des copeaux (av.)	100 gr.	100 gr.
Intensité du courant ..	0,6 amp.	—
Température moyenne ..	45°	45°
Durée du traitement ..	2 heures	2 heures
Electrolyte		
eau distillée	250 ^{cc}	250 ^{cc}
soude (2N)	10 ^{cc}	10 ^{cc}
Poids (après)	121 gr.	154,6 gr.
Imprégnation	21 %	54,6 %
Extraction de résine	par rapport au poids du bois..	0,496
	par rapport à la teneur en résine.....	15,2 %
		0,335 %
		25,9 %

La comparaison des cendres nous donne :

Objet	Avec électricité	Sans électricité
Bois sec en grammes	31,2	11,8
Cendres en grammes	0,1352	0,0799
Cendres en %	0,434	0,677

Nous constatons que par l'électricité la teneur des copeaux de bois en cendres devient plus faible.

PASSAGE DES IONS, DES SELS GRACE AU COURANT ELECTRIQUE A TRAVERS LE BOIS

CHLORURE DE ZINC ($Zn Cl^2$)

Nous avons pris comme premier sel le chlorure de zinc parce qu'on emploie ce sel couramment dans la conservation des bois. Nous avons utilisé dans ces essais l'appareil horizontal.

Ce sel pénètre, grâce au courant électrique, dans toutes les parties du bois. Il n'y a qu'un seul inconvénient dans ce procédé d'imprégnation : c'est que l'imprégnation ayant pour effet de rendre certains canaux du bois très bons conducteurs de l'électricité en peu de temps, le courant y prend par suite une valeur plus forte que dans les autres parties du bois, et une carbonisation devient inévitable dans ces endroits trop imprégnés. On retrouve ainsi, dans les coupes, des fibres carbonisées.

Les caractéristiques numériques sont :

Nature du bois		{ Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur		52 m/m
Diamètre		48 m/m

Section transversale . . .	18,04 cm ²
Humidité	42,1 %
Poids (avant)	53,4 grammes
Poids (après)	74,9 grammes
Imprégnation	40,2 %
Electrolyte	Chlorure de zinc à 10 %
Durée du traitement . .	6 heures

Vers la fin de l'opération, nous avons été obligés d'intercaler une lampe dans le circuit, par suite de la forte augmentation du courant.

Voici quelques valeurs de la variation de l'intensité :

Heures	030	100	130	200	400	500	600
Milli-amp	8,1	11,7	15,2	45,2	59,4	192	258

L'intensité augmente donc nettement.

La teneur en cendres, en comparaison avec le bois sans traitement, nous est donnée ci-dessous :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec en grammes	9,55	10,32	20,77
Cendres en grammes	0,2464	0,0985	0,0486
Cendres en %	2,580	0,952	0,235

Il y a donc augmentation des cendres dans toutes les parties du bois traité. La teneur moyenne en cendres est, après le traitement, 1,765 %.

En retranchant ce chiffre du pourcentage de cendres que contient le bois lui-même, nous obtenons la valeur exacte de la quantité des cendres introduites :

$$1,765 - 0,235 = 1,53 \%$$

En admettant que le sel fixé $(\text{Zn Cl})^2$ se transforme par suite de la calcination en oxyde (ZnO) , 1 % des cendres correspondra à 1,7 % de Zn Cl^2 . Comme nous avons obtenu 1,53 % de cendres, ceci correspond à 2,6 % de chlorure de zinc.

Comme l'augmentation en poids était de 40,2 %, on peut donc considérer que le chlorure de zinc est entré dans le bois à une concentration moyenne de 6,5 %.

CHLORURE DE CALCIUM

(Ca Cl^2)

Un autre produit, intéressant au point de vue de la conservation du bois, est le chlorure de calcium. En se servant toujours du même dispositif (appareil horizontal), nous avons obtenu une pénétration très homogène.

Le courant commence à passer à travers le bois immédiatement. Au cours du traitement, la pièce devient bonne conductrice de l'électricité, ce qui provoque un échauffement assez fort. Tout de même, il n'y a pas de carbonisation. Une lampe est mise en série pour la régularisation de l'intensité.

Les électrolytes qui étaient neutres au commencement, ne le sont plus après le traitement. Ils réagissent basiquement du côté de la cathode et, comme acides, du côté de l'anode. Un dégagement de chlore du côté de l'anode est facile à percevoir.

Les niveaux des liquides baissent considérablement au bout de quelques heures; du côté de la cathode, l'abaissement était si fort que nous avons été obligés de remplir de nouveau la pochette. La

solution est colorée à l'anode en jaune clair; à la cathode, elle reste incolore.

Voici le tableau d'intensité :

Heures	0 ³⁰	1	3	4	5	11
Mili-amp	12,8	59,2	138,4	122,5	480	480

(lampe en série)

Les autres données numériques sont :

Nature du bois	{ Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	59 m/m
Diamètre	54 m/m
Section transversale	22,9 cm ²
Humidité	29,4 %
Poids (avant)	83,45 grammes
Poids (après)	118,41 grammes
Imprégnation	41,8 %
Electrolyte	Ca Cl ² à 10 %
Durée du traitement	11 heures

Voici la comparaison de la teneur en cendres avec le bois sans traitement :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec en grammes	15,90	16,55	27,35
Cendres en grammes	0,2649	0,3917	0,0682
Cendres en %	1,66	2,36	0,249

Augmentation moyenne en cendres (différence entre la teneur avant et après traitement), 1,76 %.

En supposant que le calcium contenu dans les cendres soit en totalité à l'état d'oxyde (CaO), 1 % des cendres correspondant alors à 1,98 % de Ca Cl².

Nous constatons qu'il y a 1,76 % d'augmentation

nette en cendres; par conséquent, on a introduit 3,48 % de sel (Ca Cl^2).

L'imprégnation totale étant de 41,8 %, nous en déduisons que le chlorure de chaux a pénétré dans le bois avec une concentration moyenne de 8,32 %.

BICHLORURE DE MERCURE

(Hg Cl^2)

Dans la pratique, on se sert du bichlorure de mercure pour préserver le bois. Il donne de très bons résultats; mais sa toxicité en limite beaucoup l'emploi.

Le dispositif était toujours le même : l'appareil horizontal.

Le courant branché, le passage s'établit vite, et on opère avec des intensités pratiquement assez constantes.

Voici le tableau :

Heures	0 ³⁰	0 ⁴⁵	1 ¹⁵	2 ⁰⁰	2 ³⁰	3 ³⁰	20 ⁰⁰	21 ⁰⁰	26 ⁰⁰
Milli-amp	10	40	50	50	40	50	50	55	45

Il y a un faible échauffement pendant l'opération. Après le traitement, les électrolytes restent propres. A l'anode on observe un dégagement léger de chlore. L'imprégnation est très homogène; on s'en rend compte avec une solution de sulfure d'ammonium (coloration noire) en faisant des coupes sur l'échantillon.

Voici les caractéristiques numériques :

Nature du bois	} Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Diamètre	
	46 m/m

Longueur	55 m/m
Section transversale . . .	16,61 cm ²
Humidité	32,1 %
Poids (avant)	63,4 grammes
Poids (après)	82,5 grammes
Imprégnation	30,1 %
Electrolyte	Hg Cl ² à 5 %
Durée du traitement . .	26 heures 30

La comparaison des cendres ne peut rien nous donner, parce que le mercure s'évapore pendant la calcination.

SULFATE DE MAGNESIUM



Dans cet essai, nous avons employé l'électrolyte en concentration assez forte; aussi, la durée du traitement était poussée plus loin (6 jours) que dans les autres expériences. De cette manière, nous avons obtenu une imprégnation très forte par ce sel (10,16 %).

Le courant est faible pendant toute la durée. Ceci peut s'expliquer par la combinaison partielle du sulfate de magnésium avec des composés existant dans le bois qui forment des produits insolubles dans l'eau, obturant le passage par les pores du bois, aux particules ionisées.

Voici les valeurs moyennes de l'intensité pour chaque jour :

Jours	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e
Milli-amp	6,08	13,52	14,4	7,4	8,3	7,68

Vers la fin du traitement, on aperçoit le dépôt de cristaux blancs du sulfate de magnésium sur les surfaces extérieures du bois.

La réaction des liquides aux pôles, est acide à l'anode et basique à la cathode. Les niveaux baissent des deux côtés, mais à la cathode plus vite. A l'anode, il y a une légère coloration brune.

Voici les données numériques :

Nature du bois	{ Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	56 m/m
Diamètre	49 m/m
Section transversale . . .	18,9 cm ²
Humidité	44,8 %
Poids (avant)	69,3 grammes
Poids (après)	109,9 grammes
Imprégnation	58,5 %
Electrolyte	Mg SO ₄ à 20 %
Durée du traitement . .	6 jours

Voici la comparaison de la teneur en cendres avec le bois sans traitement électrique :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec en grammes	11,65	11,01	14,8
Cendres en grammes	0,5356	0,2859	0,0306
Cendres en %	4,6	2,59	0.207

La valeur moyenne de l'augmentation en cendres est 3,39 %, pourcentage dû à l'imprégnation. En admettant que le magnésium se trouve dans les cendres à l'état d'oxyde Mg O, et sachant que 1 % de Mg O correspond à 3,002 % de Mg SO₄, les 3,39 % de cendres donnent une imprégnation de 10,16 % de sulfate (par rapport au poids du bois sec).

D'autre part, l'imprégnation par le liquide étant de 58,5 %, le sel est donc introduit à la concentration moyenne de 17,38 %.

SULFATE DE CUIVRE



Par un traitement avec du sulfate de cuivre, nous avons obtenu des résultats comparables aux précédents. L'imprégnation est répartie dans toute la masse du bois, mais il semble qu'elle est plus concentrée du côté de l'anode. On s'en rend compte par quelques gouttes du sulfure d'ammonium sur des coupes qui se colorent en noir en présence du cuivre. Sur les dits endroits, la coloration est plus foncée.

Le courant s'établit lentement, mais monte à des intensités relativement fortes.

Voici le tableau d'intensités :

Heures	2	3	4	5	6	8	23	24 30	25
Milli-amp	10, 7	18, 4	21, 2	32, 7	41, 5	64, 6	181	156,	156

L'absorption des liquides est si grande qu'il faut en ajouter de nouveau. L'absorption est plus forte du côté de la cathode que du côté de l'anode. La solution devient verte, ayant à l'anode une réaction acide et à la cathode une réaction basique. Pendant l'opération, la pièce de bois s'échauffe légèrement (30°).

La coupe longitudinale présente la particularité (remarquée déjà avec les traitements par les acides :

sulfurique et chlorhydrique) d'une carbonisation partielle sur une section transversale. Elle est large de 4 à 5 m/m.

Le bois ainsi traité devient gris-noir quand on l'expose à la chaleur (100°-120°).

Voici les données numériques :

Nature du bois	{ Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	55 m/m
Diamètre	52 m/m
Section transversale . . .	21,25 cm ²
Humidité	34,3 %
Poids (avant)	76,6 grammes
Poids (après)	117,3 grammes
Imprégnation	53,8 %
Electrolyte	Cu SO ₄ à 10 %
Durée du traitement . .	25 heures

La comparaison de la teneur en cendres nous est donnée par le tableau suivant :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec en grammes	9,51	8,65	16,41
Cendres en grammes	0,2016	0,0973	0,0392
Cendres en %	2,11	1,12	0,239

L'augmentation moyenne en cendres est de 1,376 pour 100. En admettant que le cuivre se trouve dans les cendres à l'état d'oxyde, Cu O, 1 % d'oxyde correspond à 2,012 % du sulfate, d'où la quantité du sel fixé est égale à 2,768 %. L'imprégnation totale de la pièce étant 53,8 %, le sulfate de cuivre s'est donc introduit à la concentration de 5,15 %.

PENETRATION des EMULSIONS dans le BOIS par le TRAITEMENT ELECTRIQUE

CRÉOSOTE DE PIN

Nous avons préparé pour ce traitement un liquide se composant de :

Eau	200 cc
Soude (2 N)	20 cc
Créosote de pin (à 60 % de phénols)	50 cc

qui nous a donné, après une courte agitation, une émulsion assez stable. Nous nous sommes servis de l'appareil horizontal aux électrodes en charbon.

L'expérience nous permet de faire des observations qu'on n'a pas faites avant d'une façon si précise qu'ici. On se rend compte du phénomène de l'électroosmose très nettement : le liquide du côté de l'anode baisse de plusieurs centimètres par jour, tandis qu'à la cathode on voit le niveau monter.

Au cours du traitement, le liquide du côté de l'anode tend à perdre sa réaction basique initiale, ce qui provoque une séparation de l'huile. Pour empêcher cette instabilité de l'émulsion, due au traitement électrique, nous avons ajouté deux ou trois fois par jour, 5 à 10 cc. de soude (2 N).

L'établissement du courant est lent; l'intensité est irrégulière. Voici le tableau :

Heures	3	6	10	25	29	31	32
Milli-amp	1,92	8,21	12,3	32	85	160	133
Heures	33	49	50	53	55	72	73
Milli-amp	141	51	38	115	105	62	51

Il y a léger échauffement pendant l'opération. L'imprégnation est homogène; elle colore le bois en gris.

Pour préciser la quantité d'huile qui a pénétrée dans le bois, nous avons dosé cette huile, avant et après le traitement électrique. Nous avons neutralisé la soude par l'acide sulfurique, et nous avons mesuré directement le volume de l'huile surnageant.

Voici les chiffres que nous avons obtenus pour 25 cc de liquide :

	Avant traitement	Pôle (+)	Pôle (—)
Huile	2,25cc	2,80cc	0,68cc
surnageant	9,0 %	11,2 %	2,7 %

D'après les chiffres ci-dessus, nous pensons avoir fixé environ 4 % de l'huile dans le bois.

Les autres caractéristiques numériques sont :

Nature du bois	} Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	
Diamètre	53 m/m
Section transversale . . .	52 m/m
Humidité	21,25 cm ²
Poids (avant)	35,2 %
Poids (après)	74,6 grammes
Imprégnation	114,2 grammes
Durée du traitement . .	53,08 %
	73 heures

La teneur en cendres nous est donnée par le tableau suivant :

Objet	Pôle positif	Pôle négatif	Sans traitem ^t
Bois sec en grammes	16,7	12,1	14,3
Cendres en grammes	0,0269	0,1277	0,0332
Cendres en %	0,161	1,055	0,232

TANIN

Nous avons préparé pour cette expérience un bain, contenant de l'acide tannique à 5 %. Nous avons employé l'appareil horizontal avec les électrodes en plomb.

Nous avons aperçu ici, également, d'une façon très nette, l'effet de l'électroosmose : du côté de l'anode l'abaissement du niveau du liquide qui est de l'ordre du centimètre, tandis que du côté de la cathode, il reste sensiblement le même.

Nous donnons ci-après la variations de l'intensité du courant en fonction du temps :

Heures	2	4	18	20	22	24	41	44	50	65
Milli-amp	4,92	3,84	3,25	9,38	10,65	10,28	10,52	11,18	12,06	12,14

Le courant est relativement faible. Son intensité s'accroît peu à peu au cours du traitement.

Voici les autres données :

Nature du bois	Morceau d'aubier, 35 ans, pin maritime.
Longueur	56 m/m
Diamètre	50 m/m
Section transversale	19,65 cm ²
Humidité	32,6 %
Poids (avant)	75,4 grammes
Poids (après)	118,6 grammes
Imprégnation	43,2%
Electrolyte	Tanin à 5 %
Durée du traitement	65 heures

Après le traitement électrique, nous avons voulu préciser la quantité du tanin fixée. Nous avons dosé pour cela les matières résiduelles des liquides, en les évaporant sur le bain-marie. Les résidus ainsi obtenus, correspondent sensiblement à la teneur des bains en tanin. (En plus, dans ces résidus, il y a une quantité infime des matières expulsées du bois.)

Nous avons obtenu pour 25 cc. de liquide, les chiffres suivants :

	Avant le traitement	Pôle (+)	Pôle (—)
Matières résiduelles	1.250 gr.	1,1190 gr.	1,1095 gr.
(Tanin)	5.000 %	4,476 %	4,438 %

D'après ces chiffres, la fixation du tanin dans le bois, par le traitement électrique, paraît faible, mais tout de même efficace.

Par cet essai, nous avons voulu montrer qu'il est possible d'introduire dans le bois, par l'électricité, des solutions qui sont très peu ionisées.

Nous avons ainsi passé en revue la série des expériences que nous nous sommes proposé d'étudier.

Enfin, nous avons étudié aussi l'action du courant électrique sur les propriétés physiques du bois.

L'analyse microscopique des coupes nous a donné peu de résultats dans ce sens. Nous avons essayé de

comparer les effets produits sur les lignines, la cellulose et la pectose, à l'aide du courant, par les divers traitements, mais nous ne sommes pas arrivés à trouver des changements notables.

Cependant, il nous a semblé remarquer parfois un faible accroissement des cellules et leur formation plus arrondie après le passage du courant. Il ne nous est pas non plus possible de dire rigoureusement comment a eu lieu la fixation des substances dans nos traitements.

CONCLUSIONS

Nous avons réussi à élucider quelques phénomènes qui se produisent pendant le passage du courant électrique à travers du bois.

Nous pensons que ces données pourraient servir à établir les bases préliminaires pour l'exploitation industrielle du procédé d'imprégnation du bois, à l'aide du courant. Mais on ne peut rien conclure définitivement, sans faire des essais sur une échelle industrielle ou semi-industrielle.

Nous résumons ci-dessous les principaux résultats de notre travail :

1° Il est possible d'imprégner le bois par des substances différentes, sans application de la pression, et seulement par l'utilisation convenable de phénomènes électriques;

2° L'imprégnation par traitement électrique s'effectue dans toutes les parties d'une pièce de bois;

3° La pression électroosmotique permet le deseavage partiel du bois (coloration jaune-brun du liquide, du côté où l'abaissement du niveau est plus faible);

4° La direction de la pression (sens de l'électroosmose) est variable avec les substances d'imprégnation utilisées;

5° Le traitement électrique cause une inégale répartition de la matière minérale (cendres) dans une pièce de bois;

6° La conductivité électrique change pendant le traitement : *a*) irrégulièrement; *b*) elle augmente généralement au cours de l'opération.

BIBLIOGRAPHIE

1. MATHEY. — *Traité d'exploitation commerciale des bois*; Paris 1906.
2. REUSS. — *Mem. Soc. Imp. Mat. de Moscou*, 1803 (vol. 2).
3. WIEDEMANN. — *Phis. und chem. Ann.* 1852 (vol. 87).
4. QUINCKE. — *Phis. und chem. Ann.* 1861 (vol. 113).
5. HELMHOLZ. — *Phis. und chem. Ann.* 1879 (vol. 7).
6. J. PERRIN. — *Journ. Chim. Phys.* 1904 (tome 2), 1905 (tome 3).
7. LINDER et PICTON. — *J. Chem. Soc.* 1892, vol. 61; 1895, vol. 67; 1897, vol. 71.
8. COEHN A. — *Elektrochem. Zeitsch.*, 1897, vol. 4.
9. DUCLAUX. — *Les Colloïdes*, Paris 1920.
10. T. GRAHAM. — *Phil. Trans.* 1861.
11. W. OSTWALD. — *Grundriss der Kolloidchemie*, Dresden, 1911.
12. VON WEIMARN. — *Grundzüge der Dispersoidchemie*, Leipzig 1912.
13. FREUNDLICH. — *Kapillarchemie*, Leipzig, 1909.
14. MALFITANO. — *Comptes rend. Acad. Sc.* 1904, t. 139; 1905, t. 140.
15. DUCLAUX. — *J. Chim. Phys.* 1907, t. 5; 1909, t. 7.
16. JORDIS. — *Elektrochem. Zeitsch.* 1905, vol. 11.
17. J. LOEB. — *J. Gen. Physiol.* 1918-19, vol. 1; 1919-20, vol. 2.
18. WHITNEY et BLAKE. — *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 1904, t. 26.

19. J. PERRIN. — Mécanisme de l'électrisation de contact et solutions colloïdales, 1904-1905 (*J. Chim.-Phys.*).
 20. HARDY. — *Journ. Physiol.* 1899, vol. 24.
 21. NODON et BRETONNEAU. — Brev. Fr. N° 267262 (1897), addition : 3041 (1898). Col. Dantin, *Génie Civil* 1914, t. 65.
 22. DUMESNY. — *Conservation des bois*; Paris, 1902.
 23. GUIDÉ. — Brev. Fr. N° 317530 (1902).
 24. ALCOK et C°. — Eng. Pat. N° 25175 (1910).
 25. PLATARD. — *Recherches expérimentales sur le « Phénomène de Becquerel »*. (Thèse, Paris 1926).
-

TABLE DES MATIERES

Avant-propos	9
--------------------	---

PREMIÈRE PARTIE

Introduction

Historique	13
Emulsoïdes et suspensoïdes; propriétés colloïdales	14
Electrolyse des solutions colloïdales	16
Electrophorèse et électroosmose	16
Electrofiltration	20
Traitement électrique du bois	20

DEUXIÈME PARTIE

Les expériences

Appareillage	23
Appareil avec échantillon du bois en position ho- rizontale	23
Détermination de la constante du voltamètre	26
Appareil avec échantillon du bois en position ver- ticale	27
Appareil pour l'étude du bois divisé à l'état de copeaux	29
Division du travail	31

Expériences d'orientation

Traitement avec l'eau distillée	33
Traitement avec le chromate de potasse d'un côté et le nitrate de plomb de l'autre	37
Traitement avec solution d'iode	42

*Passage des ions d'acides
grâce au courant électrique à travers le bois*

Acide sulfurique	47
Acide chlorhydrique	49

*Passage des ions des bases
grâce au courant électrique à travers le bois*

Soude	51
-------------	----

*Passage des ions des sels
grâce au courant électrique à travers le bois*

Chlorure de zinc	54
Chlorure de calcium	56
Chlorure de mercure	58
Sulfate de magnésium	59
Sulfate de cuivre	61

*Pénétration des émulsions dans le bois
par le traitement électrique*

Créosote de pin	63
Tanin	65

TROISIÈME PARTIE

Conclusions	69
Bibliographie	71

DEUXIÈME THÈSE

THÉORIE OSMOTIQUE DES PILES PRIMAIRES ET DES ACCUMULATEURS.

Vu :
Le Doyen,
P. COUSIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :
Bordeaux, 2 Juin 1928
Pour le Recteur
de l'Académie,
G. CIROT.
Vice-Président
du Conseil de l'Université

Imprimerie
René SAMIE
21, 23, r. Teulère
BORDEAUX

